

From the INTERNATIONAL BUREAU

**PCT****NOTIFICATION OF ELECTION**

(PCT Rule 61.2)

To:

Assistant Commissioner for Patents  
 United States Patent and Trademark  
 Office  
 Box PCT  
 Washington, D.C.20231  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing (day/month/year)</b> 23 October 2000 (23.10.00)	
<b>International application No.</b> PCT/EP00/01301	<b>Applicant's or agent's file reference</b> 99P3096P
<b>International filing date (day/month/year)</b> 17 February 2000 (17.02.00)	<b>Priority date (day/month/year)</b> 04 March 1999 (04.03.99)
<b>Applicant</b> REYMANN, Helge	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:  
 25 September 2000 (25.09.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:  
 \_\_\_\_\_

2. The election ☒ was  
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
 34, chemin des Colombettes  
 1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

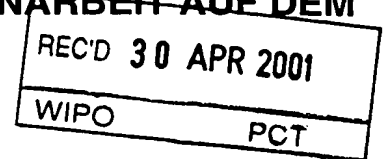
Authorized officer

R. E. Stoffel

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT



### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



T 4

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99P3096P	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/01301	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 17/02/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 04/03/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK C23C14/58		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt 4 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  25/09/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  26.04.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Thanos, I  Tel. Nr. +49 89 2399 8462 

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/01301

## I. Grundlag des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-22                      ursprüngliche Fassung

### **Patentansprüche, Nr.:**

1-16                      eingegangen am                      05/02/2001    mit Schreiben vom    30/01/2001

### **Zeichnungen, Blätter:**

1/2,2/2                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/01301

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	3,4,6,9-16
	Nein: Ansprüche	1,2,5,7,8
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	
	Nein: Ansprüche	1-16
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-16
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt

## VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
siehe Beiblatt

**TEIL V:**

Entgegenhaltungen:

D1: US-A-3 649 225

Erklärungen:

1. Im Bezug auf ein Beschichtungs-, Vor- und Nachbehandlungsverfahren, bei dem metallische Schutzschichte vom Typ MCrAlY auf geeigneten Werkstücke aufgebracht werden, gilt aus allen im Recherchenbericht zitierten Dokumente das US-Patent, Dokument D1, als nächstliegender Stand der Technik. Gasturbinen-Bauteile aus einer Superlegierung auf Ni- oder Co-Basis (vgl. D1, Spalte 3, Z. 20-25) werden zuerst mit einem Cr-Überzug beschichtet und anschließend unter Vakuum, sequentiell, folgender Behandlung unterzogen:
  - a. Vorheizen
  - b. Beschichten, bevorzugt zur Herstellung einer FeCrAlY Außenschicht
  - c. Wärmebehandlung, z.B. bei 1.900 °F (1311 K)
  - d. Kontrolliertes Abkühlen
  - e. Weitere Behandlungsschritte folgen (vgl. D4, Spalte 1, Z. 4-6, Sp. 2, Z. 70 bis Sp. 3, Z. 1 und Sp. 3, Z. 37-57)
2. In Dokument D1, das das einzige im Recherchenbericht zitierten Dokument, das sich mit der Beschichtung von großräumigen Gegenständen (konkret Gasturbinen-Bauteilen) befaßt, darstellt, werden keine detaillierte Automatisierungsvorrichtungen (aufweisend mindestens eine Beschichtungs- und eine mit ihr vakuumdicht verbundenen Wärmenachbehandlungskammer) zum Erfüllen dieses Zwecks beschrieben. Auf der Grundlage der im Recherchenbericht zitierten Dokumenten wird daher Neuheit für die Gegenstände aller Einrichtungsansprüchen 9-16 und den in Ansprüchen 3, 4 und 6 entsprechend definierten Verfahren anerkannt (Art. 33(2), PCT).
- 2.1 Die unter 1. aufgeführten Verfahrensmerkmale zerstören jedoch die Neuheit der Gegenstände der Ansprüche 1,2,5,7 und 8 (Art. 33(2), PCT). In D1 wird zwar

nicht explizit erklärt, daß nach der Gasturbinen-Bauteilen-Beschichtung ihre Temperatur, vor der vorgesehenen Wärmenachbehandlung, nicht unter Zimmertemperatur abkühlt, dies wird jedoch zumindest aus dem Text, Spalte 3, Z. 42 von D1 verstanden.

3. Für den mit Beschichtungsanlage vertrauten Fachmann liegt weiterhin auf der Hand, ob die vorgenannten Schritten a bis e in einer oder in mehreren räumlich getrennten, jedoch funktionell miteinander verbundenen Behandlungskammern, d.h. in jeweils einer
    - a. Vorheizkammer
    - b. Beschichtungskammer
    - c. Wärmebehandlungskammer
    - d. Abkühlkammerndurchführen werden sollten.
  - e. Transferräumen, ausgerüstet mit geeigneten, automatischen Transfervorrichtungen würden dabei benötigt werden.  
Die Gegenstände der Ansprüche 1-16 beruhen daher nicht auf erfinderischer Tätigkeit (Art. 33(3), PCT).
- 3.1 Lediglich die kombinierten Gegenstände der Ansprüche 4+6 einerseits und der Ansprüche 13+16 andererseits, scheinen Probleme bei der Logistik eines zeitlich und räumlich effizienten Gesamtverfahrens zu lösen, was wiederum als erfinderisch betrachtet werden kann.

#### **TEIL VIII:**

Die Beschreibung ist auf die geltenden Ansprüche nicht angepaßt (Art. 6).

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Beschichtung einer Gasturbinenschaufel (12) mit einer metallischen Oxidationsschutzschicht (13), in einer Vakuumanlage (1), bei dem
- 5 (a) die Gasturbinenschaufel (12) in die Vakuumanlage (1) eingeführt und von Zimmertemperatur ( $T_R$ ) auf eine Erzeugnistemperatur ( $T$ ) geheizt,
- (b) die metallische Oxidationsschicht (13) auf die Gasturbinenschaufel (12) aufgebracht und
- 10 (c) die beschichtete Gasturbinenschaufel (12) einer Wärmenachbehandlung unterzogen wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Wärmenachbehandlung sich an das Aufbringen der Schicht (13) so anschließt, daß die Temperatur der Gasturbinenschaufel (12) nach dem Aufbringen der Schicht (13) und vor der Wärmenachbehandlung mindestens so groß wie eine Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) ist, wobei die Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) größer als Zimmertemperatur ( $T_R$ ) ist.
- 15 20
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) etwa 500 K, insbesondere etwa 900 K bis 1400 K, beträgt.
- 25
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Aufbringen der metallischen Schicht (13) auf die Gasturbinenschaufel (12) in einem Beschichtungsbereich (9) und die Wärmenachbehandlung in einem Wärmenachbehandlungsbereich (10) erfolgen, wobei der Beschichtungsbereich (9) und der Wärmenachbehandlungsbereich (10) verschiedene Bereiche der Vakuumanlage (1) sind.
- 30
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 3,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die beschichtete Gasturbinenschaufel (12) automatisch vom Beschich-

tungsbereich (9) in den Wärmenachbehandlungsbereich (13) überführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die wärmenachbehandelte Gasturbinenschaufel (12) gesteuert auf Zimmertemperatur ( $T_R$ ) abgekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 5,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sich eine erste Anzahl von Gasturbinenschaufeln (12) im Beschichtungsbereich (9) und simultan eine zweite Anzahl von Gasturbinenschaufeln (12) im Wärmenachbehandlungsbereich (10) befinden, wobei die zweite Anzahl größer als die erste Anzahl ist.

15

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Grundwerkstoff für die Gasturbinenschaufel (12) eine Nickel-, oder Eisen- oder Kobaltbasis-Superlegierung verwendet wird.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als metallische Schicht (13) eine MCrAlX Legierung verwendet wird, wobei M für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend  
25 Eisen, Kobalt und Nickel, Cr für Chrom, Al für Aluminium sowie X für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Yttrium, Rhenium sowie die Elemente der Seltenen Erden stehen.

30

9. Einrichtung zur Beschichtung einer Gasturbinenschaufel (12) mit einer metallischen Oxidationsschutzschicht (13) in einer Vakuumanlage (1), umfassend eine Beschichtungskammer (3) und eine Wärmenachbehandlungskammer (5),

35

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Wärmenachbehandlungskammer (5) mit der Beschichtungskammer (3) vakuumdicht verbunden ist.

25

10. Einrichtung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß in der  
Wärmenachbehandlungskammer (5) eine Beheizungseinrichtung  
(7A) vorgesehen ist.

5

11. Einrichtung nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine Vor-  
heizkammer (2) vorgesehen ist, die der Beschichtungskam-  
mer (3) vorgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden ist.

10

12. Einrichtung nach Anspruch 9, 10, oder 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine Ab-  
kühlkammer (6) vorgesehen ist, die der Wärmenachbehandlungs-  
kammer (5) nachgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden  
ist.

15

13. Einrichtung nach Anspruch 9, 10, 11 oder 12  
dadurch gekennzeichnet, daß die vaku-  
umdichte Verbindung zwischen der Beschichtungskammer (3) und  
der Wärmenachbehandlungskammer (5) über eine Schleusenkam-  
mer (4) hergestellt ist.

20

14. Einrichtung nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß in der  
Schleusenkammer (4) eine Beheizungseinrichtung (7) vorgesehen  
ist.

25

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Trans-  
fersystem (8, 11) zur automatischen Überführung der Gastur-  
binenschaufel (12) von einer Vakuumkammer (2, 3, 4, 5, 6) in  
eine andere Vakuumkammer (2, 3, 4, 5, 6) der Vakuumanlage (1)  
vorgesehen ist.

30

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Be-  
schichtungskammer (3) eine erste Aufnahmekapazität und die

35

Wärmenachbehandlungskammer (5) eine zweite Aufnahmekapazität für Gasturbinenschaufeln (12) aufweist, wobei die zweite Aufnahmekapazität größer als die erste Aufnahmekapazität ist.

Translation

09/9/4839

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

3

Applicant's or agent's file reference 99P3096P	FOR FURTHER ACTION	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/EP00/01301	International filing date (day/month/year) 17 February 2000 (17.02.00)	Priority date (day/month/year) 04 March 1999 (04.03.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C23C 14/58		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 4 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

RECEIVED  
FEB 11 2002  
TC 1700

Date of submission of the demand 25 September 2000 (25.09.00)	Date of completion of this report 26 April 2001 (26.04.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/01301

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

☐ the international application as originally filed.

☒ the description, pages 1-22, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. 1-16, filed with the letter of 05 February 2001 (05.02.2001),  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

☒ the drawings, sheets/fig 1/2,2/2, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

☐ the description, pages \_\_\_\_\_

☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_

☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/01301

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	3, 4, 6, 9-16	YES
	Claims	1, 2, 5, 7, 8	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1-16	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

#### Citations:

D1: US-A-3 649 225

#### Explanations:

1. Among all the search report citations, the US patent (document D1) is considered the closest prior art in the field of coating and preliminary and subsequent treatment methods during which metallic protective layers of the MCrAlY type are applied to suitable workpieces. Gas turbine components made of a nickel-based or cobalt-based superalloy (see D1, column 3, lines 20-25) are first coated with a chromium coating, then successively subjected to the following treatments in a vacuum:
  - a. pre-heating;
  - b. coating, preferably for producing a FeCrAlY external layer;
  - c. heat treatment, for example at 1900°F (1311 K);
  - d. controlled cooling;
  - e. further subsequent treatment steps (see D4, column 1, lines 4-6; column 2, line 70 to column 3, line 1; and column 3, lines 37-57).

2. Document D1, the only search report citation that deals with the coating of large-volume objects (specifically, gas turbine components), does not describe detailed automation devices (comprising at least one coating chamber and a subsequent thermal treatment chamber connected thereto in a vacuum-tight manner) for this purpose. Consequently, in view of the search report citations, the subjects of all device claims (Claims 9-16) and the corresponding methods defined in Claims 3, 4 and 6 are acknowledged to be novel (PCT Article 33(2)).

2.1 However, the method features listed in paragraph 1 are detrimental to the novelty of the subjects of Claims 1, 2, 5, 7 and 8 (PCT Article 33(2)). Although D1 does not explicitly explain that the temperature of the gas turbine components does not drop below room temperature after they are coated and before they are thermally treated, this is understood at least from the text in column 3, line 42, of D1.

3. Moreover, a person skilled in the art familiar with coating plants would know whether the above-mentioned steps (a) to (e) must be carried out in one or more spatially separated but functionally interconnected treatment chambers, that is in

- a. a pre-heating chamber;
- b. a coating chamber;
- c. a heat treatment chamber; and
- d. cooling chambers;

and whether

- e. transfer chambers fitted with suitable automatic transfer devices would be required.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/01301

The subjects of Claims 1-16 therefore do not involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

- 3.1 Only the combined subjects of Claims 4 and 6 on the one hand and Claims 13 and 16 on the other hand appear to solve logistic problems of the implementation of an overall method in an efficient manner, both in time and space, and can be considered inventive.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/01301

## VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The description is not consistent with the current claims  
(PCT Article 6).

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT FÜR DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>980171AM</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 01319</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>18/02/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>11/03/1999</b>
Anmelder  <b>DEGUSSA-HÜLS AKTIENGESELLSCHAFT</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. ☐ **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. \_\_\_\_\_

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☒ keine der Abb.

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 7 B01J3/06 C08F4/02 C08C19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01J C08F C08C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 1 312 611 A (BRITISH PETROLEUM CO) 4. April 1973 (1973-04-04) Seite 1, Zeile 6 - Zeile 16; Ansprüche 1,10,12,19 Seite 2, Zeile 1 - Zeile 39 ---	1,3,10
X	US 5 128 297 A (KUBO YOICHIRO ET AL) 7. Juli 1992 (1992-07-07) Ansprüche ---	1
A	WO 98 22415 A (BOMMARIUS ANDREAS ;WANDREY CHRISTIAN (DE); DEGUSSA (DE); FELDER MA) 28. Mai 1998 (1998-05-28) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche -----	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Juni 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Humbeeck, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

EP 00/01319

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 1312611	A	04-04-1973	BE 750170 A DE 2022489 A FR 2042508 A NL 7006586 A	09-11-1970 28-01-1971 12-02-1971 11-11-1970
US 5128297	A	07-07-1992	DE 4110349 A JP 2806069 B JP 6298844 A US 5169901 A	02-10-1991 30-09-1998 25-10-1994 08-12-1992
WO 9822415	A	28-05-1998	DE 19647892 A EP 0941212 A	04-06-1998 15-09-1999

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>99P3096P</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 01301</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>17/02/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>04/03/1999</b>
Anmelder  <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR BESCHICHTIGUNG EINES ERZEUGNISSES**

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 3

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 C23C14/58

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 615 881 A (GREENE WILLIAM J) 26. Oktober 1971 (1971-10-26) Spalte 4, Zeile 34 -Spalte 8, Zeile 47; Abbildung 2A ---	1-4, 10, 11, 16
X	EP 0 477 990 A (APPLIED MATERIALS INC) 1. April 1992 (1992-04-01)  Spalte 3, Zeile 26 -Spalte 6, Zeile 38; Ansprüche 1,3,12; Abbildungen 1,3 ---	1,3,4, 10,11, 14,16
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 002, 29. Februar 1996 (1996-02-29) & JP 07 268605 A (NISSHIN STEEL CO LTD), 17. Oktober 1995 (1995-10-17) Zusammenfassung --- -/-	1,2



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Juni 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Patterson, A

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 43 21 135 A (HOECHST AG) 5. Januar 1995 (1995-01-05) Anspruch 1 ---	1,2,5
A	US 3 649 225 A (SIMMONS ALFRED E JR) 14. März 1972 (1972-03-14) Beispiel -----	7,8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/01301

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3615881	A	26-10-1971	NONE	
EP 0477990	A	01-04-1992	DE 69123807 D	06-02-1997
			DE 69123807 T	28-05-1997
			ES 2095280 T	16-02-1997
			JP 6077216 A	18-03-1994
JP 07268605	A	17-10-1995	NONE	
DE 4321135	A	05-01-1995	NONE	
US 3649225	A	14-03-1972	NONE	

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  
C23C 14/58

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/52220

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01301

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Februar 2000 (17.02.00)

(30) Prioritätsdaten:  
99104404.1 4. März 1999 (04.03.99) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2,  
D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REYMANN, Helge  
[DE/DE]; Kaiserin-Augusta-Allee 86b, D-10589 Berlin  
(DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 16 22 34, D-80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, US, europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,  
MC, NL, PT, SE).

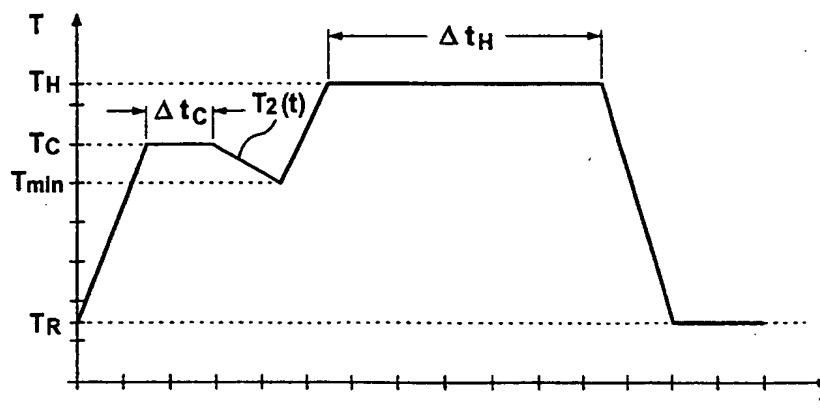
Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR COATING A PRODUCT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR BESCHICHTUNG EINES ERZEUGNISSES



(57) Abstract

The invention relates to a method for coating a product (12) with a metallic layer (13), especially a high temperature component of a gas turbine, in a vacuum system (1). The invention also relates to a device for coating a product (12) with a metallic layer (13) in a vacuum system (1), comprising a coating chamber (3) and a post-heat retreatment chamber (5). According to a novel process control system concerning the temperature profile, a minimum temperature (T<sub>min</sub>) which is greater than room temperature (T<sub>R</sub>) is guaranteed at all times, especially after the metallic layer (13) has been applied to the product (12) and before the post-heat retreatment.

## Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeugnis-  
ses, insbesondere eines Hochtemperaturbauteils einer Gastur-  
5 bine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschichtung eines  
Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht, insbesondere mit  
einer metallischen Oxidationsschutzschicht, in einer Vakuum-  
10 anlage. Bei dem Verfahren wird das Erzeugnis in die Vakuum-  
anlage eingeführt und von Zimmertemperatur auf eine Erzeug-  
nistemperatur geheizt, die metallische Schicht auf das Er-  
zeugnis aufgebracht und das beschichtete Erzeugnis einer  
Wärmenachbehandlung unterzogen. Die Erfindung betrifft  
15 weiterhin eine Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeug-  
nisses mit einer metallischen Schicht in einer Vakuumanlage,  
wobei die Vakuumanlage eine Beschichtungskammer und eine  
Wärmenachbehandlungskammer umfaßt.

20 Es sind Beschichtungsanlagen zur Beschichtung von Gasturbi-  
nenschaufeln bekannt, z.B. eine Inline EB-PVD Beschichtungs-  
anlage von Interturbine Von Ardenne GmbH (EB-PVD: Electron  
Beam - Physical Vapour Deposition), bei denen mittels physi-  
kalischer Verdampfungsverfahren eine keramische Schicht auf  
25 die Gasturbinenschaufel aufgebracht wird. Eine solche Be-  
schichtungsanlage kann beispielsweise aus unmittelbar hinter-  
einander geschalteten und mit einem Transfersystem zur Be-  
förderung der Turbinenschaufeln verbundenen Kammern aufgebaut  
sein. Die erste Kammer dient dabei als Beladungskammer für  
30 Turbinenschaufeln. Von der Beladungskammer aus werden die  
Turbinenschaufeln in eine zweite, an die Beladungskammer  
angeschlossene Vakuumkammer transportiert und dort vorge-  
heizt. Anschließend erfolgt ein Weitertransport in eine  
Prozeßkammer, in der ein keramisches Material, insbesondere  
35 mit Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid, mittels Elektronen-  
strahlverdampfen erhitzt, geschmolzen und verdampft wird. Das  
keramische Material kondensiert auf den Turbinenschaufeln und

bildet somit die keramische Beschichtung. Die so beschichteten Turbinenschaufeln werden in eine Kühlkammer weitertransportiert und hierin gekühlt. Die Kühlung erfolgt unkontrolliert, insbesondere ungesteuert, da die Turbinenschaufeln in der Kühlkammer sich selbst überlassen werden und folglich ihre Wärme über Wärmestrahlung an die Umgebung abgeben, bis sie auf Zimmertemperatur abgekühlt sind.

Aus der US-Patentschrift 5,238,752 geht ein Wärmedämmschichtsystem hervor, welches auf einer Turbinenschaufel aufgebracht ist. Die Turbinenschaufel besteht hierbei in ihrem Grundwerkstoff aus einer Nickelbasis-Superlegierung, auf die eine metallische Schutz- oder Anbindungsschicht der Art MCrAlY oder PtAl aufgebracht ist. Hierbei steht M für Nickel und/oder Kobalt, Cr für Chrom, Al für Aluminium, Y für Yttrium und Pt für Platin. Auf dieser metallischen Anbindungsschicht bildet sich eine dünne Schicht aus Aluminiumoxid, auf der die eigentliche keramische Wärmedämmschicht aus mit Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid aufgebracht ist. Die Beschichtung der Turbinenschaufel erfolgt hierbei mittels eines physikalischen Verdampfungsverfahrens, bei dem das keramische Material (Zirkonoxid) durch Beschuß mit Elektronenstrahlen verdampft wird. Dieser Beschichtungsprozeß erfolgt in einer Vakuumkammer, wobei die Turbinenschaufel über einen Substratheizer mittels Wärmestrahlung auf eine Temperatur von etwa 1200 K bis 1400 K, vorzugsweise etwa 1300 K, aufgeheizt wird.

Die in den oben beschriebenen, bekannten Verfahren und Einrichtungen hergestellten Schichten auf Turbinenschaufeln sind hinsichtlich ihrer Standzeiten, insbesondere bei Heißgasbeaufschlagung bei einem Einsatz in einer Gasturbine, noch verbesserungswürdig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht anzugeben. Dabei soll die Dauerhaltbarkeit der metallischen Schicht, vor allem gegenüber korrosiven und

oxidierenden Angriffen, deutlich verbessert werden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht anzugeben. Mit der Einrichtung soll die Herstellung  
5 einer qualitativ hochwertigen metallischen Schicht auf dem Erzeugnis möglich sein.

Erfindungsgemäß wird die erstgenannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer  
10 metallischen Schicht, insbesondere mit einer metallischen Oxidationsschutzschicht, in einer Vakuumanlage, bei dem das Erzeugnis in die Vakuumanlage eingeführt und von Zimmertemperatur auf eine Erzeugnistemperatur geheizt, die metallische Schicht auf das Erzeugnis aufgebracht, das beschichtete Er-  
15 zeugnis einer Wärmenachbehandlung unterzogen wird, wobei die Wärmenachbehandlung sich an das Aufbringen der Schicht so anschließt, daß die Temperatur des Erzeugnisses nach dem Aufbringen der Schicht und vor der Wärmenachbehandlung mindestens so groß wie eine Mindesttemperatur ist, wobei die Min-  
20 desttemperatur größer als Zimmertemperatur ist.

Die Erfindung geht hierbei von der Überlegung aus, daß der Qualität einer primär auf den Grundwerkstoff eines Erzeugnisses aufgetragenen metallischen Schicht eine besondere Bedeu-  
25 tung zukommt. Materialeigenschaften sowie charakteristische Schichteigenschaften, wie beispielsweise die Homogenität der Schicht, deren Anbindung an das Substrat und die Struktur der Grenzschicht zwischen Schicht und Substrat sind wichtige Qualitätsmerkmale. Diese haben auch Einfluß auf die Anbindung  
30 und Beschaffenheit weiterer Schichten, die in möglicherweise weiteren Beschichtungsprozessen auf die primäre Schicht aufgebracht werden.

Eine metallische Schicht auf einem Erzeugnis, beispielsweise  
35 eine metallische Oxidationsschutzschicht, wird daher ihre Funktion, etwa als Schutzschicht vor Korrosion- und/oder Oxidation, um so wirkungsvoller entfalten, je besser die oben

genannten Schichteigenschaften realisiert sind. Für die Standzeiten metallischer Schichten auf Erzeugnissen, die sich beispielsweise unter oxidierenden oder korrosiven Bedingungen einstellen, ist neben der Wahl der Materialien insbesondere die Anbindung der Schicht an den Grundwerkstoff des Erzeugnisses bestimmend. Diese ist von der Behandlung des Erzeugnisses in allen Phasen des Herstellungsprozesses abhängig. Hierbei sind chemische und physikalische - insbesondere thermische Einflüsse zu beachten, die möglicherweise die Ausbildung und Anbindung der Schicht beeinträchtigen können. Chemische Einflüsse können durch die Wahl geeigneter Werkstoffe für sämtliche Einbauteile der Apparatur, die gegenüber den Schichtmaterialien möglichst chemisch inert sein sollen, weitgehend reduziert werden. Physikalische Konditionen unter denen der Herstellungsprozeß einer Schicht vonstatten geht betreffen die Prozeßführung in ihrer Gesamtheit, also von der Erzeugnispräparation, über das Aufbringen der Schutzschicht bis zur weiteren Behandlung des Erzeugnisses - üblicherweise eine nachfolgende Wärmenachbehandlung - sowie sämtliche mögliche Zwischenschritte. Die Kontrolle und Ausgestaltung der Prozeßführung in allen Phasen des Herstellungsprozesses ist daher sehr wesentlich. Dabei sind zeitabhängige und ortsabhängige thermodynamische Prozeßparameter, wie Druck und Temperatur, denen das Erzeugnis im Herstellungsprozeß unterworfen ist, zu berücksichtigen. Beispielsweise hat aufgrund der im allgemeinen unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Grundwerkstoff und Schichtmaterial die Erzeugnistemperatur beim Aufbringen der Schicht (Beschichtungstemperatur) und der Temperaturverlauf bis zum Abschluß einer Wärmenachbehandlung des beschichteten Erzeugnisses großen Einfluß auf die Ausbildung der Grenzschicht zwischen Erzeugnisoberfläche und Schicht.

Mit dem Verfahren ist eine quasi stationäre Prozeßführung hinsichtlich der Temperatur in allen Phasen des Herstellungsprozesses der metallischen Schicht erreichbar. Hierbei wird nach dem Aufbringen der metallischen Schicht auf das

Erzeugnis und vor der Wärmenachbehandlung zu jeder Zeit eine Mindesttemperatur des Erzeugnisses sichergestellt, die größer als Zimmertemperatur ist.

- 5 Bei Erzeugnissen, die Hochtemperaturbauteile von Gasturbinen darstellen, etwa bei Gasturbinenschaufeln oder Hitzeschildelementen von Brennkammern, beträgt diese Mindesttemperatur vorzugsweise etwa 500 K, insbesondere etwa 900 K bis 1400 K.
- 10 Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß das Erzeugnis sich mit seiner Umgebung stets nahe an einem thermodynamischen Gleichgewichtszustand befindet. Zeitliche wie räumliche Temperaturgradienten, insbesondere Temperaturschocks, werden vermieden. Durch diesen neuen Weg in der Prozeßführung be-  
15 züglich des Temperaturverlaufs ist es möglich, die Anbindung der metallischen Schicht an den Grundwerkstoff des Erzeugnisses in der Wärmenachbehandlung deutlich zu verbessern. In der auf diese Weise sich an das Aufbringen der metallischen Schicht anschließenden Wärmenachbehandlung wird durch Diffu-  
20 sionsvorgänge eine feste Verbindung zwischen Grundwerkstoff und Schichtmaterial hergestellt, und eine qualitativ hochwertige Schicht auf dem Erzeugnis ausgebildet.
- 25 Vorzugsweise erfolgt das Aufbringen der metallischen Schicht auf das Erzeugnis in einem Beschichtungsbereich und die Wärmenachbehandlung in einem Wärmenachbehandlungsbereich. Hierbei sind der Beschichtungsbereich und der Wärmenachbehandlungsbereich verschiedene Bereiche der Vakuumanlage. Es ist vorteilhaft, das Aufbringen der metallischen Schicht auf das  
30 Erzeugnis und die Wärmenachbehandlung in derselben Vakuumanlage durchzuführen, aber räumlich voneinander zu trennen, da diese Prozeßschritte bei etwas unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden und im allgemeinen verschiedene Prozeßdauern aufweisen. Beispielsweise wird das Aufbringen einer  
35 metallischen Schicht auf eine Gasturbinenschaufel, insbesondere eine metallischen Oxidations- und Korrosionsschutzschicht, bei einer Beschichtungstemperatur von etwa 1100 K

bis 1200 K durchgeführt, während die Wärmenachbehandlung der Gasturbinenschaufel bei einer Wärmenachbehandlungstemperatur von etwa 1200 K bis 1500 K erfolgt. Die Trennung von Beschichtungsbereich und Wärmenachbehandlungsbereich wirkt sich  
5 günstig auf die Qualität und Reproduzierbarkeit der metallischen Schichten aus. Es wird vermieden, daß unterschiedliche Prozeßschritte mit unterschiedlichen Prozeßparametern im selben Bereich einer Anlage durchgeführt werden. Dies könnte  
10 praktisch nur unter einem periodischen Wechsel der Betriebsparameter der Vakuumanlage erfolgen, was die Qualität und Reproduzierbarkeit der Schichten beeinträchtigt.

Bevorzugt wird das beschichtete Erzeugnis automatisch vom Beschichtungsbereich in den Wärmenachbehandlungsbereich über-  
15 führt. Diese Verfahrensweise ist im Hinblick auf eine industrielle Herstellung der metallischen Schicht sehr vorteilhaft. Vor allem in einer Vakuumanlage ist eine automatische, vorzugsweise elektronisch gesteuerte Überführung der Erzeugnisse, anderen bekannten Ausführungen, beispielsweise mit  
20 aufwendigen, manuell extern-bedienbaren Manipulatoren und mit gedichteten Vakuumdurchführungen, weit überlegen.

Vorzugsweise wird das wärmenachbehandelte Erzeugnis kontrolliert auf Zimmertemperatur abgekühlt. Weiter bevorzugt wird  
25 die Abkühlung auf Zimmertemperatur gesteuert oder geregelt durchgeführt. Dies erfolgt im Vorfeld einer möglichen Entnahme des Erzeugnisses aus der Vakuumanlage. Durch Kontrolle und Steuerung des Abkühlvorgangs wird vermieden, daß nach Abschluß der Wärmenachbehandlung das Erzeugnis in unkontrollierter Weise auf Zimmertemperatur abgekühlt wird, was sich  
30 wegen der dann auftretenden Wärmespannungen zwischen der metallischen Schicht und dem Substrat nachteilig auf die Schichteigenschaften auswirken könnte.

35 Vorzugsweise befindet sich eine erste Anzahl von Erzeugnissen im Beschichtungsbereich und simultan eine zweite Anzahl von Erzeugnissen im Wärmenachbehandlungsbereich, wobei die zweite

Anzahl größer ist als die erste Anzahl. Diese Verfahrensweise ist sehr vorteilhaft im Hinblick auf eine industrielle Serienherstellung von metallischen Schichten auf Erzeugnissen. Auf Erzeugnisse wird die metallische Schicht im Beschichtungsbereich aufgebracht, während zur gleichen Zeit im Wärmenachbehandlungsbereich Erzeugnisse einer Wärmenachbehandlung unterzogen werden. Dadurch ist eine rationelle Herstellung von metallischen Schichten auf Erzeugnissen gegeben. Ein kontinuierlicher und simultaner Durchlauf von Erzeugnissen durch die Verfahrensschritte ist möglich. Insbesondere ist bei diesem Durchlaufverfahren der Durchlauf von Erzeugnissen pro Zeiteinheit gegenüber nichtsimultanen Verfahrensschritten deutlich erhöht. Bedingt durch die unterschiedlichen Prozeßdauern der einzelnen Verfahrensschritte, werden bei dem Verfahren mehr Erzeugnisse einer Wärmenachbehandlung unterzogen, als zur gleichen Zeit sich im Beschichtungsbereich befinden, da der Wärmenachbehandlungsprozeß im allgemeinen der zeitlich limitierende Prozeß darstellt. Zum Beispiel hat das Aufbringen einer metallischen Schicht auf eine Gasturbinenschaufel, insbesondere das Aufbringen einer metallischen Oxidations- und Korrosionsschutzschicht, eine Prozeßdauer von etwa 30 min, während die Wärmenachbehandlung der Gasturbinenschaufel mit etwa 60 min bis 240 min beträchtlich länger dauert. Durch Auslegung der Vakuumanlage unter Berücksichtigung der jeweiligen Prozeßdauern wird ein kontinuierlicher und simultaner Durchlauf von Erzeugnissen sichergestellt, und eine rationelle Fertigung ermöglicht.

Bevorzugt wird als Erzeugnis ein Hochtemperaturbauteil einer Gasturbine, insbesondere eine Gasturbinenschaufel oder ein Hitzeschildelement einer Brennkammer, verwendet. Weiter bevorzugt wird als Grundwerkstoff für das Hochtemperaturbauteil eine Nickel-, oder Eisen- oder Kobaltbasis-Superlegierung verwendet. Eine Gasturbinenschaufel ist ein Hochtemperaturbauteil, welches im Heißgaskanal einer Gasturbine angeordnet ist. Man unterscheidet Turbinenleitschaufeln und Turbinenlaufschaufeln, die großen thermischen Belastungen, insbeson-

dere bei Gasturbinen mit hohen Turbineneintrittstemperaturen von z.B. über 1500 K, sowie korrosiven und oxidierenden Bedingungen durch das Heißgas, ausgesetzt sind. Daher muß für den Grundwerkstoff eine entsprechende Legierung gewählt werden. Ein Beispiel für eine hochtemperaturfeste Legierung dieser Art mit hoher Zeitstandfestigkeit auf Nickelbasis ist Inconel 713 C, die in ihren wesentlichen Komponenten aus 73% Nickel, 13 % Chrom, 4.2 % Molybdän sowie 2% Niob hergestellt ist.

10

Als metallische Schicht wird vorzugsweise eine MCrAlX Legierung verwendet, wobei M für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Eisen, Kobalt und Nickel, Cr für Chrom, Al für Aluminium sowie X für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Yttrium, Rhenium sowie die Elemente der Seltenen Erden stehen. Diese metallische Schicht wird im Beschichtungsbereich in bekannter Weise durch thermisches Spritzen mit den Verfahren VPS (Vacuum Plasma Spraying) oder LPPS (Low Pressure Plasma Spraying) auf das Erzeugnis, insbesondere das Hochtemperaturbauteil einer Gasturbine, aufgebracht. Die MCrAlX-Schichten sind besonders für Hochtemperaturbauteile in Gasturbinen mit einem Grundwerkstoff aus einer Nickel-, oder Eisen- oder Kobaltbasis-Superlegierung geeignet. Sie eignen sich in stationären Gasturbinen und Flugtriebwerken mit hoher Turbineneintrittstemperatur. Sie eignen sich darüberhinaus als Haftvermittlerschicht für das Aufbringen weiterer Schichten in anderen Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise zur Herstellung einer keramischen Wärmedämmschicht auf einem Erzeugnis mittels PVD (Physical Vapour Deposition).

30

Die auf eine Einrichtung gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht in einer Vakuumanlage, umfassend eine Beschichtungskammer und eine Wärmenachbehandlungskammer, wobei die Wärmenachbehandlungskammer mit der Beschichtungskammer vakuumdicht verbunden ist.

35

Dadurch wird es ermöglicht, das Aufbringen der metallischen Schicht auf ein Erzeugnis und die anschließende Wärmenachbehandlung in einer Anlage durchzuführen. Die vakuumdichte Verbindung zwischen der Beschichtungskammer und der Wärmenachbehandlungskammer gewährleistet, daß das Erzeugnis zu keinem Zeitpunkt während des Verfahrens der Atmosphäre, insbesondere dem Sauerstoff der Luft, ausgesetzt ist. Gegenüber herkömmlichen Anlagen, bei denen für das Aufbringen der Schicht und für die Wärmenachbehandlung separate und untereinander nicht vakuumdicht verbundene Vakuumkammern vorgesehen sind, ist die Vakuumanlage daher überlegen.

Vorzugsweise ist in der Wärmenachbehandlungskammer eine Beheizungseinrichtung vorgesehen. Die Beheizungseinrichtung ist dabei in bekannten Ausgestaltungen realisiert, beispielsweise durch ein Strahlungs-Heizelement zur indirekten Strahlungsheizung oder durch eine Elektronenstrahlkanone zum Aufheizen des Erzeugnisses durch direkten Elektronenbeschuß. Zur Wärmenachbehandlung ist die Prozeßführung hinsichtlich der Temperatur des Erzeugnisses so zu gestalten, daß sich die Erzeugnistemperatur auf einen vorgesehenen Wert, die Wärmenachbehandlungstemperatur, einstellt. Durch Temperaturmessung des Erzeugnisses und Regelung der Heizleistung der Beheizungseinrichtung, beispielsweise Regelung der Strahlungsleistung eines Strahlungs-Heizelements über den Heizstrom, wird dabei die Wärmenachbehandlungstemperatur eingestellt.

Vorzugsweise ist eine Vorheizkammer vorgesehen, die der Beschichtungskammer vorgeordnet ist und mit dieser vakuumdicht verbunden ist. Die Vorheizkammer ist als Vakuumkammer ausgeführt und ist ein Bestandteil der gesamten Vakuumanlage zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht. In der Vorheizkammer ist eine Beheizungseinrichtung vorgesehen, die in bekannter Weise, beispielsweise durch ein Strahlungs-Heizelement zur indirekten Strahlungsheizung oder durch eine Elektronenstrahlkanone zum Aufheizen des Erzeugnisses durch direkten Elektronenbeschuß, ausgeführt ist. Die

Vorheizkammer dient einerseits der Aufnahme und dem Vorheizen des Erzeugnisses von Zimmertemperatur auf eine Erzeugnistemperatur und andererseits der Vorbehandlung und Präparation des Erzeugnisses für nachfolgende Verfahrensschritte, insbesondere für das Aufbringen der metallischen Schicht auf das Erzeugnis in der Beschichtungskammer. In der Vorheizkammer können auch mögliche Verunreinigungen, die unter Umständen in die Oberfläche des Erzeugnisses eingetragen sind, aus dem Erzeugnis ausgasen. Verunreinigungen können das Aufbringen der Schicht auf das Erzeugnis und somit die Qualität der Schicht nachteilig beeinflussen. Daher erfüllt die Vorheizkammer neben der Vorprozeßerwärmung gleichzeitig eine wichtige Reinigungsfunktion für das zu beschichtende Erzeugnis, so daß durch den Entgasungsprozeß ein Erzeugnis mit entsprechend sauber präparierter Oberfläche und wohldefinierter Erzeugnistemperatur hergestellt ist.

Vorzugsweise ist eine Abkühlkammer vorgesehen, die der Wärmenachbehandlungskammer nachgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden ist. Im Anschluß an die Wärmenachbehandlung eines Erzeugnisses ist dieses erwärmt. Um das Erzeugnis weiter zu behandeln oder seiner Bestimmung zuzuführen, wird man es in geeigneter Weise auf Zimmertemperatur bringen. Dazu muß es abgekühlt werden, wofür in herkömmlichen Verfahren ebenfalls die externe, nicht an eine Beschichtungskammer angekoppelte Wärmenachbehandlungskammer verwendet wird. In dieser wird das Erzeugnis in kontrollierter Weise abgekühlt. Dagegen erfolgt in der Vakuumanlage der kontrollierte Abkühlvorgang in einer separaten Abkühlkammer. Die Abkühlkammer ist dabei als Vakuumkammer ausgeführt und ein Bestandteil der gesamten Vakuumanlage. Zum kontrollierten Abkühlen des Erzeugnisses ist in der Abkühlkammer eine Beheizungseinrichtung vorgesehen. Sie sorgt dafür, daß das Erzeugnis während des Abkühlvorgangs eine vorgegebene Temperatur hat. Dadurch erfolgt die Abkühlung des Erzeugnisses nicht zu rasch über Wärmeabstrahlung oder Wärmeleitung an die Umgebung, sondern quasi stationär, indem die Temperatur allmählich und kontrol-

liert durch Regelung der Heizleistung der Beheizungseinrichtung bis auf Zimmertemperatur reduziert wird. Die Beheizungseinrichtung ist beispielsweise in Form eines bekannten Strahlungs-Heizelements zur indirekten Strahlungsheizung des

5 Erzeugnisses ausgeführt. Zusätzliche bekannte Behandlungseinrichtungen zum Abkühlen des Erzeugnisses, etwa in Form eines Gaszufuhrsystems für inerte Kühlgase (z.B. Argon), sind in der Abkühlkammer vorsehbar. Bei dieser Ausführungsform werden die erwärmten Erzeugnisse in wohldosierter Weise mit einem

10 inerten Kühlgas beaufschlagt und kontrolliert auf Zimmertemperatur abgekühlt. Die Abkühlkammer dient vorteilhafterweise gleichzeitig als Entnahmekammer für die Erzeugnisse.

Bevorzugt ist die vakuumdichte Verbindung zwischen der Beschichtungskammer und der Wärmenachbehandlungskammer über

15 eine Schleusenkammer hergestellt. Sowohl die Prozeßdauern für das Aufbringen der metallischen Schicht auf das Erzeugnis und für dessen Wärmenachbehandlung, als auch die jeweiligen Prozeßparameter, insbesondere die Beschichtungstemperatur und

20 die Wärmenachbehandlungstemperatur, sind unterschiedlich. Zum Beispiel erfolgt das Aufbringen einer metallischen Schicht auf eine Gasturbinenschaufel, insbesondere eine metallische Oxidations- und Korrosionsschutzschicht, bei einer Beschichtungstemperatur von etwa 1100 K bis 1200 K. Hingegen erfolgt

25 die Wärmenachbehandlung der beschichteten Gasturbinenschaufel bei einer deutlich höheren Wärmenachbehandlungstemperatur von 1200 K bis 1500 K. Es ist deshalb zweckmäßig, diese Prozesse durch entsprechende Einrichtungen, hier durch eine separate Schleusenkammer realisiert, auch räumlich soweit voneinander

30 zu trennen, daß gegenseitige Interaktionen weitgehend ausgeschlossen sind. Auch verfahrenstechnisch ist diese Ausgestaltung günstig. Die Schleusenkammer dient dabei in erster Linie der Überführung der Erzeugnisse von der Beschichtungskammer zur Wärmenachbehandlungskammer. Sie ist integraler Bestandteil

35 der Vakuumanlage. Bevorzugt ist in der Schleusenkammer eine Beheizungseinrichtung vorgesehen, die eine vorgegebene Erzeugnistemperatur während der Überführung sicherstellt.

Vorteilhafterweise kann dabei die Erzeugnistemperatur in der Schleusenkommer während der Überführung der Erzeugnisse von der Beschichtungskommer in die Wärmenachbehandlungskommer den jeweiligen Prozeßtemperaturen kontinuierlich angepaßt werden.

5 Beim Einsatz der Vakuumanlage zur industriellen Serienfertigung in einem simultanen Durchlaufverfahren dient die Schleusenkommer des weiteren als wichtiges Puffersystem, um gegebenenfalls die Stückzahlen einander anzupassen und somit einen möglichst kontinuierlichen Durchlauf von Erzeug-

10 nissen zu gewährleisten.

Vorzugsweise ist ein Transfersystem zur automatischen Überführung des Erzeugnisses von einer Vakuumkommer (Vorheizkommer, Beschichtungskommer, Schleusenkommer, Wärmenachbehandlungskommer, Abkühlkommer) in eine andere Vakuumkommer

15 der Vakuumanlage vorgesehen.

Vor allem in einer Vakuumanlage ist eine automatische, vorzugsweise elektronisch gesteuerte Überführung der Erzeug-

20 nisse, anderen bekannten Ausführungen, zum Beispiel mit aufwendigen, manuell extern-bediensbaren Manipulatoren und mit gedichteten Vakuumdurchführungen, überlegen. Um insbesondere einen kontinuierlichen und automatisierten Durchlauf der Erzeugnisse zu ermöglichen, sind die Vakuumkammern der

25 Vakuumanlage (Vorheizkommer, Beschichtungskommer, Schleusenkommer, Wärmenachbehandlungskommer, Abkühlkommer) mit einem geeigneten Transfersystem ausgestattet. Das Transfersystem weist dabei Einrichtungen zur Übernahme von Erzeugnissen, zum Transport von Erzeugnissen sowie zur Übergabe von Erzeug-

30 nissen auf, die in den einzelnen Vakuumkammern angeordnet sind.

Vorzugsweise weist die Beschichtungskommer eine erste Aufnahmekapazität und die Wärmenachbehandlungskommer eine zweite

35 Aufnahmekapazität für Erzeugnisse auf, wobei die zweite Aufnahmekapazität größer als die erste Aufnahmekapazität ist. Allgemein ergibt sich die (mittlere) Anzahl von Erzeugnissen

in einer Vakuumkammer aus der Anzahl der zugeführten Erzeugnisse pro Zeiteinheit multipliziert mit der (mittleren) Verweilzeit der Erzeugnisse in der Vakuumkammer. Im idealen kontinuierlichen Durchlauf ist die Anzahl der zugeführten Erzeugnisse pro Zeiteinheit für alle Vakuumkammern gleich. Die (mittlere) Anzahl der Erzeugnisse in einer Vakuumkammer wird dann von der Verweilzeit in dieser Vakuumkammer bestimmt. Die einzuplanenden relativen Aufnahmekapazitäten für Erzeugnisse für die Beschichtungskammer und für Wärmenachbehandlungskammer sind dann näherungsweise durch die jeweiligen Prozeßdauern in diesen Vakuumkammern gegeben. Für das Aufbringen einer MCrAlX-Schicht nach dem VPS oder LPPS-Verfahren auf eine Gasturbinenschaufel mit einem Grundwerkstoff aus einer Nickel-, Eisen- oder Kobaltbasis-Superlegierung erhält man typischerweise eine Prozeßdauer von etwa 30 Minuten, während die Wärmenachbehandlung der Gasturbinenschaufel eine Prozeßdauer von etwa 120 Minuten hat. Demzufolge ist die Wärmenachbehandlungskammer so zu dimensionieren und auszugestalten, daß deren Aufnahmekapazität für Gasturbinenschaufeln mindestens etwa viermal so groß ist wie die Aufnahmekapazität der Beschichtungskammer. Die Vakuumanlage ist so konzipiert, daß sie vorteilhafterweise eine Anpassung der Aufnahmekapazitäten an die jeweiligen Prozeßdauern und somit einen kontinuierlichen und simultanen Durchlauf von Erzeugnissen ermöglicht, was wiederum sehr günstig für eine industrielle Serienfertigung ist.

Die Einrichtung sowie das Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses mit einer metallischen Schicht in einer Vakuumanlage werden beispielhaft anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen hierbei teilweise schematisch und vereinfacht:

FIG 1 eine schematische Darstellung in einem Längsschnitt einer Vakuumanlage zur Beschichtung von Erzeugnissen, beispielsweise von Gasturbinenschaufeln, mit einer metallischen Schicht,

FIG 2 ein Diagramm mit einem vereinfachten Temperaturverlauf für ein Erzeugnis gemäß einem herkömmlichen Verfahren und

5

FIG 3 ein Diagramm mit einem vereinfachten Temperaturverlauf für ein Erzeugnis gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

10 In Figur 1 ist in einer schematischen Darstellung in einem Längsschnitt eine Vakuumanlage 1 zur Beschichtung von Erzeugnissen 12, hier beispielsweise von Gasturbinenschaufeln 12, mit einer metallischen Schicht 13 dargestellt. Die Vakuumanlage 1 weist verschiedene Vakuumkammern 2, 3, 4, 5, 6, auf-  
15 einander folgend eine Vorheizkammer 2, eine Beschichtungskammer 3, eine Schleusenkammer 4, eine Wärmenachbehandlungskammer 5 und eine Abkühlkammer 6, auf. Dabei ist die Beschichtungskammer 3 über die Schleusenkammer 4 vakuumdicht mit der Wärmenachbehandlungskammer 5 verbunden. Die Vorheizkammer 2  
20 ist der Beschichtungskammer 3 vorgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden. Die Abkühlkammer 6 ist der Wärmenachbehandlungskammer 5 nachgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden. In der Vorheizkammer 2, der Schleusenkammer 4, der Wärmenachbehandlungskammer 5 und der Abkühlkammer 6 ist je-  
25 weils mindestens eine Beheizungseinrichtung 7, 7A, vorgesehen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Beheizungseinrichtungen 7, 7A in den einzelnen Vakuumkammern 2, 4, 5, 6 als Strahlungs-Heizelemente zur kontrollierten Erwärmung der in den Vakuumkammern angeordneten Gasturbinenschaufeln 12 auf  
30 eine vorgegebene Erzeugnistemperatur ausgeführt. In den Vakuumkammern 2, 3, 4, 5, 6 ist ein Transfersystem 8, 11 vorgesehen, welches jeweils als Übergabe-/Übernahmeeinrichtung 11 und Transporteinrichtung 8 in den einzelnen Vakuumkammern 2, 3, 4, 5, 6 ausgeführt ist. In der Vorheizkammer 2, der  
35 Schleusenkammer 4, der Wärmenachbehandlungskammer 5 sowie der Abkühlkammer 6 sind jeweils mindestens zwei Gasturbinenschaufeln 12 auf den jeweiligen Transporteinrichtungen 8 angeord-

net. Die Beschichtungskammer 3 weist einen Beschichtungs-  
bereich 9 auf, in dem eine Beschichtungseinrichtung 14 sowie  
eine um eine Längsachse 17 rotierbare Halterung 16 für Gas-  
turbinschaufeln 12 angeordnet sind. Die Beschichtungsein-  
richtung 14 ist hierbei als VPS (Vacuum Plasma Spraying)-  
oder LPPS (Low Pressure Plasma Spraying)-Einrichtung (Plas-  
mabrenner) zum thermischen Spritzen von Beschichtungsmaterial  
15 - beispielsweise MCrAlX - auf eine Gasturbinschaufel 12,  
ausgeführt. Die Beschichtungseinrichtung 14 dient zugleich  
der Erwärmung der Gasturbinschaufel 12 auf eine vorgegebene  
Erzeugnistemperatur. Diese ist bei einem Beschichtungsvorgang  
durch die heißen Prozeßgase der Beschichtungseinrichtung 14  
(Plasmabrenner) und durch das auf die Gasturbinschaufel 12  
auftreffende Beschichtungsmaterial 15 gewährleistet. Eine  
Gasturbinschaufel 12 befindet sich im Beschichtungsbe-  
reich 9 auf der Halterung 17. Die Beschichtungseinrichtung 14  
ist oberhalb der Gasturbinschaufel 12 im Beschichtungsbe-  
reich 9 angeordnet. In der Wärmenachbehandlungskammer 5 ist  
ein Wärmenachbehandlungsbereich 10 gebildet, in dem sich eine  
Anzahl von beschichteten Gasturbinschaufeln 12 mit einer  
metallischen Schicht 13, insbesondere einer MCrAlX-Schicht,  
auf der Transporteinrichtung 8 befinden. Dabei ist die Anzahl  
der Gasturbinschaufeln 12 im Wärmenachbehandlungsbereich 10  
größer als die Anzahl der Gasturbinschaufeln 12 im Be-  
schichtungsbereich 9. Im Wärmenachbehandlungsbereich 10 sind  
zwei Beheizungseinrichtungen 7A vorgesehen. Eine Beheizungs-  
einrichtung 7A ist oberhalb und die andere Beheizungsein-  
richtung 7A unterhalb der Gasturbinschaufeln 12 angeordnet,  
so daß hierdurch über Wärmestrahlung eine Aufheizung der  
Gasturbinschaufeln 12 auf eine vorgegebene Erzeugnistempe-  
ratur, welche die Wärmenachbehandlungstemperatur ist, sicher-  
gestellt ist. Die Vakuumkammern 2, 3, 4, 5, 6 der Vakuum-  
anlage 1 sind mit einem in Figur 1 nicht gezeigten Vaku-  
umpumpensystem verbunden, welches vorzugsweise aus einer Dif-  
fusionspumpe, Ventilen und Vakuum-Meßeinrichtungen sowie ei-  
ner Vorvakuumpumpe besteht, so daß in den einzelnen Vakuum-

kammern 2, 3, 4, 5, 6 ein jeweils erforderliches Vakuum einstellbar ist.

Bei dem Beschichtungsverfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses 12, welches beispielsweise eine Gasturbinenschaufel 12 ist, mit einer metallischen Schicht 13, insbesondere mit einer metallischen MCrAlX-Oxidationsschutzschicht, in einer Vakuumanlage 1, wird eine Gasturbinenschaufel 12 zuerst in die Vorheizkammer 2 eingeführt und auf der Transporteinrichtung 8 des Transfersystems 8, 11 angeordnet. Die Vorheizkammer 2 dient der Aufnahme und dem Vorheizen der Gasturbinenschaufel 12. Mit der in der Vorheizkammer 2 vorgesehenen Beheizungseinrichtung 7, wird die Gasturbinenschaufel 12 von Zimmertemperatur auf eine Erzeugnistemperatur, welche die Beschichtungstemperatur ist, geheizt. In der Vorheizkammer 2 wird die Gasturbinenschaufel 12 vorbehandelt und für nachfolgende Verfahrensschritte, insbesondere für das Aufbringen der metallischen Schicht 13 auf die Gasturbinenschaufel 12 in der Beschichtungskammer 3, präpariert. In der Vorheizkammer 2 können auch mögliche Verunreinigungen, die unter Umständen in die Oberfläche der Gasturbinenschaufel 12 eingetragen sind, aus der Gasturbinenschaufel 12 ausgasen. Daher erfüllt die Vorheizkammer 2 neben der Vorprozeßerwärmung gleichzeitig eine wichtige Reinigungsfunktion für die zu beschichtende Gasturbinenschaufel 12. Es wird hier nach dem Aufheiz- und Entgasungsprozeß eine Gasturbinenschaufel 12 mit entsprechend sauber präparierter Oberfläche und wohldefinierter Erzeugnistemperatur, welche die Beschichtungstemperatur ist, bereitgestellt. Anschließend wird die Gasturbinenschaufel 12 mit dem Transfersystem 8, 11 von der Vorheizkammer 2 in den Beschichtungsbereich 9 der Beschichtungskammer 3 automatisch überführt und auf einer beweglichen, hier auf der um eine Längsachse 17 rotierbaren Halterung 16 angeordnet. In der Beschichtungskammer 3 wird bei dem Beschichtungsvorgang eine metallische Schicht 13, beispielsweise eine MCrAlX-Oxidationsschutzschicht, auf die Gasturbinenschaufel 12 aufgebracht. Das Beschichtungsmaterial 15 (MCrAlX) wird

beispielsweise durch thermisches Spritzen mit den Verfahren VPS-Vacuum Plasma Spraying oder LPPS-Low Pressure Plasma Spraying auf die Oberfläche der um die Längsachse 17 bewegten, in diesem Fall um die Längsachse 17 rotierenden, Gasturbinenschaufel 12 aufgebracht. Die Prozeßdauer für das Aufbringen dieser Schicht 13 beträgt dabei etwa 30 min. Während dieser Zeitdauer wird die Gasturbinenschaufel 12 durch den prozeßbedingten Wärmeeintrag in die Gasturbinenschaufel 12 auf einer Beschichtungstemperatur gehalten, die bei etwa 1100 K bis 1200 K liegt. Hierbei erfolgt die Erwärmung der Gasturbinenschaufel 12 durch die heißen Prozeßgase der Beschichtungseinrichtung 14 (Plasmabrenner) und durch das auf die Gasturbinenschaufel 12 auftreffende Beschichtungsmaterial 15. Nach dem Aufbringen der metallischen Schicht 13 auf die Gasturbinenschaufel 12 wird diese vom Beschichtungsbereich 9 in den Wärmenachbehandlungsbereich 10 mit dem Transfersystem 8, 11 automatisch überführt. Diese Überführung erfolgt über die Schleusenkammer 4. In der Schleusenkammer 4 wird die Gasturbinenschaufel 12, mittels der dort angeordneten Beheizungseinrichtung 7, auf einer vorgegebenen Erzeugnistemperatur gehalten, die stets größer als eine Mindesttemperatur ist. Die Mindesttemperatur ist dabei größer als Zimmertemperatur und beträgt vorzugsweise 500 K, insbesondere zwischen etwa 900 K bis 1400 K. Nach der Überführung wird im Wärmenachbehandlungsbereich 10 die mit einer metallischen Schicht 13 versehene Gasturbinenschaufel 12 einer Wärmenachbehandlung unterzogen, die bei einer Wärmenachbehandlungstemperatur von etwa 1200 K bis 1500 K stattfindet. Hierzu wird die Gasturbinenschaufel 12 mit den Beheizungseinrichtungen 7A auf die vorgegebene Wärmenachbehandlungstemperatur gebracht und auf dieser für eine Zeitdauer gehalten. Die Prozeßdauer beträgt hier beispielsweise 120 min (siehe auch Beschreibungen zu Figur 2 und Figur 3). Dadurch wird eine feste Anbindung (Diffusionsanbindung) zwischen der metallischen Schicht 13 und dem Grundwerkstoff der Gasturbinenschaufel 12 hergestellt. Nach der Wärmenachbehandlung wird die Gasturbinenschaufel 12 von der Wärme-

- nachbehandlungskammer 5 in die Abkühlkammer 6 automatisch überführt. Nach der Wärmenachbehandlung einer Gasturbinenschaufel 12 ist diese auf eine Temperatur erwärmt. Um die Gasturbinenschaufel 12 weiter zu behandeln oder ihrer Bestimmung zuzuführen wird sie in geeigneter Weise auf Zimmertemperatur gebracht. Dazu muß sie abgekühlt werden. In herkömmlichen Verfahren wird dies ebenfalls in der externen Wärmenachbehandlungskammer durchgeführt, die nicht an eine Beschichtungskammer vakuumtechnisch angekoppelt ist. In der Vakuumanlage erfolgt der kontrollierte Abkühlvorgang dagegen in der separaten Abkühlkammer 6. Zum kontrollierten Abkühlen der Gasturbinenschaufel 12 ist in der Abkühlkammer 6 eine Beheizungseinrichtung 7 vorgesehen. Diese sorgt dafür, daß die Gasturbinenschaufel 12 während des Abkühlvorgangs eine vorgegebene Temperatur hat. Dadurch erfolgt die Abkühlung der Gasturbinenschaufel 12 nicht zu rasch über Wärmeabstrahlung oder Wärmeleitung an die Umgebung, sondern quasi stationär, indem die Temperatur allmählich und kontrolliert, durch Steuerung oder Regelung der Heizleistung der Beheizungseinrichtung 7, bis auf Zimmertemperatur reduziert wird. Nachdem die Gasturbinenschaufel 12 in der Abkühlkammer 6 in kontrollierter Weise auf Zimmertemperatur abgekühlt ist, wird sie der Abkühlkammer 6 entnommen.
- Das gerade exemplarisch für ein Erzeugnis 12, insbesondere eine Gasturbinenschaufel 12, beschriebene Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses 12 mit einer metallischen Schicht 13 zeichnet sich dadurch aus, daß es als ein kontinuierliches und simultanes Durchlaufverfahren konzipiert ist. Auf diese Weise können mehrere Erzeugnisse 12 verschiedene Verfahrensschritte simultan und kontinuierlich durchlaufen. In Figur 1 ist dies dadurch veranschaulicht, daß sich beispielsweise eine Gasturbinenschaufel 12 im Beschichtungsbereich 9 und simultan eine größere Anzahl von Gasturbinenschaufeln 12 jeweils in der Vorheizkammer 2, in der Schleusenkammer 4, im Wärmenachbehandlungsbereich 10 und in der Abkühlkammer 6 befinden. Auf Gasturbinenschaufeln 12 wird dem-

zufolge eine metallische Schicht 13 im Beschichtungsbereich 9 aufgebracht, während simultan im Wärmenachbehandlungsbereich 10 mit einer metallischen Schicht 13 versehene Gasturbinenschaufeln 12 einer Wärmenachbehandlung unterzogen werden, und während zur gleichen Zeit in der Vorheizkammer 2 Gasturbinenschaufeln 12 vorbehandelt werden, und gleichzeitig in der Abkühlkammer 6 Gasturbinenschaufeln 12 kontrolliert abgekühlt werden, und gleichzeitig in der Schleusenkammer 4 Gasturbinenschaufeln 12 überführt werden. Ein kontinuierlicher und simultaner Durchlauf von Gasturbinenschaufeln 12 durch die verschiedenen Verfahrensschritte ist möglich. Insbesondere ist bei diesem Durchlaufverfahren der Durchlauf von Gasturbinenschaufeln 12 pro Zeiteinheit gegenüber nichtsimultanen und/oder nichtkontinuierlichen Verfahren deutlich erhöht. Bedingt durch die unterschiedlichen Prozeßdauern der einzelnen Verfahrensschritte, werden bei dem Verfahren mehr Gasturbinenschaufeln 12 einer Wärmenachbehandlung unterzogen, als zur gleichen Zeit im Beschichtungsbereich 9 beschichtet werden, da der Wärmenachbehandlungsprozeß im allgemeinen den zeitlich limitierenden Prozeß darstellt. Durch Auslegung der Vakuumanlage 1 unter Berücksichtigung der jeweiligen Prozeßdauern wird ein kontinuierlicher und simultaner Durchlauf von Erzeugnissen 12 sichergestellt, und eine rationelle Herstellung von metallischen Schichten 13 auf Erzeugnissen 12 ermöglicht. Dabei eignet sich das Verfahren neben der Beschichtung von Gasturbinenschaufeln 12 auch zur Beschichtung anderer Hochtemperaturbauteile einer Gasturbine, beispielsweise für Hitzeschildelemente einer Brennkammer.

In den folgenden Figuren wird die Prozeßführung hinsichtlich des Temperaturverlaufs nach einem herkömmlichen Verfahren (Figur 2) und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren (Figur 3) einander gegenübergestellt und näher erläutert. Dabei wird zur Veranschaulichung mitunter auf Bezugszeichen der Figur 1 verwiesen.

Figur 2 zeigt ein Diagramm bei dem die Temperatur über die Zeit für ein Erzeugnis 12, insbesondere für eine Gasturbinenschaufel, gemäß einem herkömmlichen Beschichtungsverfahren aufgetragen ist. Auf der X-Achse des Diagramms ist die Zeit  $t$  aufgetragen, auf der Y-Achse des Diagramms die Temperatur  $T$ , die das Erzeugnis 12 zu einer bestimmten Zeit  $t$  während des Verfahrens hat. Die Erzeugnistemperatur  $T$  als Funktion der Zeit  $t$  ist in dem Diagramm als Kurvenzug  $T_1(t)$  dargestellt. Das Erzeugnis 12 wird zunächst linear von Zimmertemperatur  $T_R$  auf eine Erzeugnistemperatur  $T$ , welches die Beschichtungstemperatur  $T_c$  ist, aufgeheizt. Während des Aufbringens der metallischen Schicht 13 auf das Erzeugnis 12 wird die Temperatur für die Beschichtungs-Prozeßdauer  $\Delta t_c$  auf der Beschichtungstemperatur  $T_c$  gehalten. Im Anschluß daran wird das Erzeugnis 12 von der Beschichtungstemperatur  $T_c$  auf Zimmertemperatur  $T_R$  abgekühlt. Danach wird das Erzeugnis 12 üblicherweise der Beschichtungskammer 3 entnommen, in geeigneter Weise zwischengelagert, und zu einem unbestimmten Zeitpunkt einer Wärmenachbehandlungskammer 5 zur Wärmenachbehandlung zugeführt. Die Wärmenachbehandlung des Erzeugnisses 12 findet demzufolge nicht unmittelbar nach dem Aufbringen der metallischen Schicht 13 statt. Um dies zu veranschaulichen ist in Figur 2 die Zeitachse  $t$  nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur  $T_R$  und vor Beginn der Wärmenachbehandlung unterbrochen. Hier handelt es sich also nicht um ein kontinuierliches Verfahren. Das Erzeugnis 12 wird endlich einer Wärmenachbehandlung unterzogen. Dazu wird das Erzeugnis 12 zunächst von Zimmertemperatur  $T_R$  (linear) auf eine Erzeugnistemperatur  $T$  aufgeheizt, welches die Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  ist. Diese ist größer als die Beschichtungstemperatur  $T_c$ . Da die Wärmenachbehandlung im allgemeinen eine längere Prozeßdauer aufweist als das Aufbringen der metallischen Schicht 13, ist die Wärmenachbehandlungs-Prozeßdauer  $\Delta t_H$ , während der sich das Erzeugnis auf der Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  befindet, entsprechend größer als die Beschichtungs-Prozeßdauer  $\Delta t_c$ . Zum Beispiel ist für eine Wärmenachbehandlung von Erzeugnissen 12, welche Gasturbinenschaufeln darstellen, die

Wärmenachbehandlungs-Prozeßdauer  $\Delta t_H$  etwa viermal so groß wie die Beschichtungs-Prozeßdauer  $\Delta t_C$ . Nach der Wärmenachbehandlung wird das Erzeugnis 12 von der Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  wieder auf Zimmertemperatur  $T_R$  abgekühlt. Die Prozeßführung hinsichtlich des Temperaturverlaufs bei einem herkömmlichen Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß zwischen dem Aufbringen der metallischen Schicht 13 und der Wärmenachbehandlung das Erzeugnis 12 auf Zimmertemperatur  $T_R$  abgekühlt wird.

10

In Figur 3 ist ein Diagramm mit einem Temperaturverlauf für ein Erzeugnis 12, insbesondere für eine Gasturbinenschaufel, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Auf der X-Achse des Diagramms ist die Zeit  $t$  aufgetragen, während auf der Y-Achse des Diagramms die Erzeugnistemperatur  $T$  aufgetragen ist, die das Erzeugnis  $T$  zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  hat. Die Erzeugnistemperatur  $T$  als Funktion der Zeit  $t$  ist durch den entsprechenden Kurvenzug  $T_2(t)$  im Diagramm veranschaulicht. Bei diesem Temperaturverlauf wird das Erzeugnis 12 zunächst linear von Zimmertemperatur  $T_R$  auf eine Erzeugnistemperatur  $T$ , welches die Beschichtungstemperatur  $T_C$  ist, aufgeheizt. Während des Aufbringens der metallischen Schicht 13 auf das Erzeugnis 12 wird die Temperatur für die Beschichtungs-Prozeßdauer  $\Delta t_C$  auf der Beschichtungstemperatur  $T_C$  gehalten. Für Erzeugnisse 12, die beispielsweise Gasturbinenschaufeln darstellen, welche mit einer MCrAlX-Schicht versehen werden, beträgt die Beschichtungstemperatur  $T_C$  etwa 1100 K bis 1200 K. Unmittelbar nach dem eigentlichen Beschichtungsvorgang wird das Erzeugnis 12 vom Beschichtungs-bereich 9 in den Wärmenachbehandlungsbereich 10 kontinuierlich durch die Schleusenkammer 4 überführt, was eventuell - wie veranschaulicht - mit einer Änderung der Temperatur des Erzeugnisses 12, im allgemeinen mit einer Abnahme der Temperatur, verbunden ist. Der Temperaturverlauf in diesem Verfahrensschritt wird so ausgeführt, daß die mögliche Temperaturabnahme des Erzeugnisses 12 von der Beschichtungstemperatur  $T_H$  auf eine Mindesttemperatur  $T_{min}$  beschränkt ist, die

größer ist als Zimmertemperatur  $T_R$ . Bei Gasturbinenschaufeln ist die Mindesttemperatur  $T_{\min}$  dabei vorzugsweise größer als 500 K, insbesondere zwischen etwa 900 K bis 1400 K. Anschließend wird das Erzeugnis 12 zur Wärmenachbehandlung auf eine Erzeugnistemperatur  $T$  erwärmt, welches die Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  ist und die zum Beispiel für Gasturbinenschaufeln bei etwa 1200 K bis 1500 K liegt. Die Wärmenachbehandlung findet bei der Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  statt, auf der das Erzeugnis 12 für eine Wärmenachbehandlungs-Prozeßdauer  $\Delta t_H$  gehalten wird. Die Wärmenachbehandlungs-Prozeßdauer  $\Delta t_H$  ist größer als die Beschichtungs-Prozeßdauer  $\Delta t_C$ . Nach der Wärmenachbehandlung wird das Erzeugnis 12 von der Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  auf Zimmertemperatur  $T_R$  abgekühlt. Der zeitabhängige Temperaturverlauf des Erzeugnisses 12 gemäß diesem Verfahren weist einen kontinuierlichen Kurvenzug  $T_2(t)$  auf, der insbesondere den Plateaubereich mit der Beschichtungstemperatur  $T_C$  und den nachfolgenden Plateaubereich mit der Wärmenachbehandlungstemperatur  $T_H$  in kontrollierter Weise und stetig aneinander anschließt. Der Anschluß erfolgt dabei so, daß zu jeder Zeit eine Mindesttemperatur  $T_{\min}$  des Erzeugnisses 12 sichergestellt ist, wobei das Erzeugnis 12 ausdrücklich nicht auf Zimmertemperatur  $T_R$  abgekühlt und/oder der Atmosphäre ausgesetzt wird. Durch diese neue Prozeßführung hinsichtlich des Temperaturverlaufs wird es möglich, die Anbindung der metallischen Schicht 13 an den Grundwerkstoff des Erzeugnisses 12 in der Wärmenachbehandlung deutlich zu verbessern. Das Erzeugnis 12 ist mit seiner Umgebung hierbei stets nahe an einem thermodynamischen Gleichgewichtszustand. Zeitliche wie räumliche Temperaturgradienten, insbesondere schädliche Temperaturschocks infolge Abkühlen auf Zimmertemperatur  $T_R$ , werden vermieden, was sich sehr vorteilhaft auf die Qualität der metallischen Schicht auswirkt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Beschichtung eines Erzeugnisses (12) mit einer metallischen Schicht (13), insbesondere mit einer metallischen Oxidationsschutzschicht, in einer Vakuumanlage (1),  
5 bei dem

(a) das Erzeugnis (12) in die Vakuumanlage (1) eingeführt und von Zimmertemperatur ( $T_R$ ) auf eine Erzeugnistemperatur ( $T$ ) geheizt,

10 (b) die metallische Schicht (13) auf das Erzeugnis (12) aufgebracht und

(c) das beschichtete Erzeugnis (12) einer Wärmenachbehandlung unterzogen wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Wärmenachbehandlung sich an das Aufbringen der Schicht (13) so  
15 anschließt, daß die Temperatur des Erzeugnisses (12) nach dem Aufbringen der Schicht (13) und vor der Wärmenachbehandlung mindestens so groß wie eine Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) ist, wobei die Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) größer als Zimmertemperatur  
20 ( $T_R$ ) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Mindesttemperatur ( $T_{min}$ ) etwa 500 K, insbesondere etwa 900 K bis  
25 1400 K, beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Aufbringen der metallischen Schicht (13) auf das Erzeugnis (12)  
30 in einem Beschichtungsbereich (9) und die Wärmenachbehandlung in einem Wärmenachbehandlungsbereich (10) erfolgen, wobei der Beschichtungsbereich (9) und der Wärmenachbehandlungsbereich (10) verschiedene Bereiche der Vakuumanlage (1) sind.

35 4. Verfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das beschichtete Erzeugnis (12) automatisch vom Beschichtungsbe-

reich (9) in den Wärmenachbehandlungsbereich (13) überführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das wärmenachbehandelte Erzeugnis (12) gesteuert auf Zimmertemperatur ( $T_R$ ) abgekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 5,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sich eine erste Anzahl von Erzeugnissen (12) im Beschichtungs-  
bereich (9) und simultan eine zweite Anzahl von Erzeugnissen (12) im Wärmenachbehandlungsbereich (10) befinden, wobei  
15 die zweite Anzahl größer als die erste Anzahl ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Erzeugnis (12) ein Hochtemperaturbauteil einer Gasturbine, insbesondere eine Gasturbinenschaufel oder ein Hitzeschildelement einer Brennkammer verwendet wird.  
20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Grundwerkstoff für das Erzeugnis (12) eine Nickel-, oder Eisen-  
25 oder Kobaltbasis-Superlegierung verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als metallische Schicht (13) eine MCrAlX Legierung verwendet wird,  
30 wobei M für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Eisen, Kobalt und Nickel, Cr für Chrom, Al für Aluminium sowie X für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Yttrium, Rhenium sowie die Elemente der Seltenen Erden  
35 stehen.

10. Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeugnisses (12) mit einer metallischen Schicht (13) in einer Vakuumanlage (1), umfassend eine Beschichtungskammer (3) und eine Wärmenachbehandlungskammer (5),

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Wärmenachbehandlungskammer (5) mit der Beschichtungskammer (3) vakuumdicht verbunden ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in der Wärmenachbehandlungskammer (5) eine Beheizungseinrichtung (7A) vorgesehen ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 10 oder 11,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Vorheizkammer (2) vorgesehen ist, die der Beschichtungskammer (3) vorgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden ist.

13. Einrichtung nach Anspruch 10, 11, oder 12,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Abkühlkammer (6) vorgesehen ist, die der Wärmenachbehandlungskammer (5) nachgeordnet und mit dieser vakuumdicht verbunden ist.

14. Einrichtung nach Anspruch 10, 11, 12 oder 13

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die vakuumdichte Verbindung zwischen der Beschichtungskammer (3) und der Wärmenachbehandlungskammer (5) über eine Schleusenkammer (4) hergestellt ist.

30

15. Einrichtung nach Anspruch 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in der Schleusenkammer (4) eine Beheizungseinrichtung (7) vorgesehen ist.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Trans-  
fersystem (8, 11) zur automatischen Überführung des Erzeug-  
nisses (12) von einer Vakuumkammer (2, 3, 4, 5, 6) in eine  
5 andere Vakuumkammer (2, 3, 4, 5, 6) der Vakuumanlage (1)  
vorgesehen ist.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Be-  
10 schichtungskammer (3) eine erste Aufnahmekapazität und die  
Wärmenachbehandlungskammer (5) eine zweite Aufnahmekapazität  
für Erzeugnisse (12) aufweist, wobei die zweite Aufnahmekapa-  
zität größer als die erste Aufnahmekapazität ist.

## Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zur Beschichtung eines  
Erzeugnisses, insbesondere eines Hochtemperaturbauteils einer  
5 Gasturbine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschichtung eines  
Erzeugnisses (12) mit einer metallischen Schicht (13), ins-  
besondere eines Hochtemperaturbauteils einer Gasturbine, in  
10 einer Vakuumanlage (1). Die Erfindung betrifft weiterhin eine  
Einrichtung zur Beschichtung eines Erzeugnisses (12) mit  
einer metallischen Schicht (13) in einer Vakuumanlage (1),  
mit einer Beschichtungskammer (3) und einer Wärmenachbe-  
handlungskammer (5). Eine neue Prozeßführung hinsichtlich des  
15 Temperaturverlaufs wird beschrieben, bei der insbesondere  
nach dem Aufbringen der metallischen Schicht (13) auf das  
Erzeugnis (12) und vor der Wärmenachbehandlung jederzeit eine  
Mindesttemperatur ( $T_{\min}$ ) gewährleistet ist, die größer als die  
Zimmertemperatur ( $T_R$ ) ist.

20

FIG 3